

**2018年北海道胆振東部地震前後の地下水の地球化学的変動
—大地震の準備段階における地殻流体の挙動に関する新知見—**

1. 概要

国立大学法人高知大学博士課程黒潮圏総合科学専攻3年生のザンドバキリ・ザハラさん、総合科学系複合領域科学部門西尾嘉朗准教授、海洋コア国際研究所佐野有司所長の研究グループは2018年の北海道胆振東部地震の数ヶ月前から震源付近の地下水のナトリウム (Na) /カリウム (K) 比が低下していたことを発見しました。一方、水と共に動く元素指標には有意な変化は見られなかったことから、Na/K比の低下は深部由来の水によるものではないことが分かりました。

本発見は、Sanoら(2020)(※1)で炭素の同位体比(※2)の変化から提案されていた2018年の北海道胆振東部地震の数ヶ月前から二酸化炭素が帯水層に放出されていた可能性を支持するものであり、大地震の準備段階における地殻流体の挙動を理解する上でも極めて重要な科学的成果です。

本成果は、日本地球惑星科学連合が運営する、オンライン科学誌「Progress in Earth and Planetary Science」に6月13日に掲載されました。

2. 背景

2024年1月1日に発生したM7.6の能登半島地震の前に多発していた地震では地下の流体の関与が指摘されています。1995年1月のM7.3の兵庫県南部地震の前の1994年11月に始まった猪名川群発地震など、大地震の前に流体が関与したとされる群発地震は珍しいことではありません。また、群発地震を伴わなくとも地下の流体が大地震発生準備に関わっていた可能性もあることから、大地震前の地下の流体の動きを明らかにすることは数ヶ月から数年といった中長期での大地震の発生予測の実現に向けての大きな1歩となることが期待されます。

しかし、大地震が発生する前の震源付近の地下水試料の地球化学データを得ることは極めて困難でした。そこで、Tsunogai and Wakita(1995)(※3)は市販されているボトル入りのミネラルウォーターを分析することで、1995年の兵庫県南部地震前に地下水の塩化物イオン濃度が上昇していたことを報告しました。

2018年9月6日に発生した北海道胆振東部地震(M6.7)では、死者44人および多数の住家損壊など大きな被害が生じました。Sanoら(2020)は、ボトル入りのミネラルウォーターを用いて、北海道胆振東部地震の数ヶ月前から震源付近の地下水の炭素の同位体比や溶存無機炭素濃度が変化したことを発見し、帯水層への二酸化炭素(CO₂)の流入が起こっていた可能性を指摘しました。

CO₂は地下のような高圧下では流体として取り扱われますが、地下の挙動に関しては能登半島地震の発生に関与が指摘されている水(H₂O)よりさらに多くのことが分かっていません。本研究では北海道胆振東部地震前に帯水層へ流入したCO₂と同様に流体であるH₂Oの関与を調べるために、地下でH₂Oと共に動く元素濃度やリチウム(Li)とストロンチウム(Sr)の同位体比を測定しました。震源付近の

地下水試料としては Sano ら (2020) が炭素同位体比や溶存無機炭素濃度の分析を行ったミネラルウォーターを用いました。

3. 成果

その結果、震源から西に約 20km の植苗で採取された地下水は地震の数ヶ月前からナトリウム (Na) /カリウム (K) 比が低下していたことが明らかとなりました (図 1)。さらに、この地震前に Na/K 比の低下が始まった時期は、先に Sano ら (2020) が報告した炭素同位体比や全溶存無機炭素濃度の変化が始まった時期とほぼ同じでした (図 1)。一方、Na/K 比以外の地下で H₂O と共に動く元素濃度やリチウム (Li) とストロンチウム (Sr) の同位体比に関しては地震前に明確な変化は見つかりませんでした。このように、Sano ら (2020) で指摘された北海道胆振東部地震の数ヶ月前に始まった帯水層への CO₂ 流入の際に H₂O は関与していなかったことが本研究で明らかとなりました。

帯水層への CO₂ 流入が確認された植苗から約 15km 離れた苫小牧市では 2016 年 4 月から 2019 年 11 月にかけて二酸化炭素回収・貯留 (CCS) の大規模実証実験が行われていました。さらに、2018 年北海道胆振東部地震前に植苗の地下水で観測された炭素同位体比の変化が CCS 由来の炭素の特徴を示したため Sano ら (2020) では地震前に帯水層に流入した CO₂ は CCS 由来である可能性を指摘していました (図 2)。一方、2004 年にルーマニアで発生した M6.0 の地震前にも地下水の Na/K 比の低下と溶存炭素濃度の増加が報告されています (Mitrofan et al., 2008) (※4)。よって、Na/K 比の低下は大地震前に震源付近の地下水で今後もさらに見つかる可能性があります。

4. 今後の展望

地下水試料の Na/K 比は他の化学指標に比べて簡便迅速に測定することができます。内陸大地震が危惧される活断層付近や次の南海トラフ巨大地震がせまる高知県で Na/K 比を含む地下水の観測データを蓄積していくことは私達の悲願である大地震の数ヶ月から数年先の発生予測の実現に大きく貢献できる可能性があります。海洋コア国際研究所では、地下深部に由来する H₂O の強力な調査研究ツールである Li 同位体比を分析できる高知コアセンターを活用し、大地震の発生の準備段階における CO₂ や H₂O といった流体の役割の解明に今後も取り組んでいきます。

※1 市販されているボトル入りのミネラルウォーターを用いて植苗の地下水の炭素同位体比や溶存炭素濃度が 2018 年北海道胆振東部地震の前に上昇していたことを報告した論文。

Sano et al. (2020) *Front Earth Sci* 8:611010.

※2 多くの元素では質量が異なる同位体を持ちます。同じ元素でありながら質量が異なる同位体の比を利用することで、元素の起源などの諸問題に重要な知見を得ることができます。

※3 市販されているボトル入りのミネラルウォーターを用いて地下水の塩化物イオン濃度が 1995 年兵庫県南部地震の前に上昇していたことを報告した論文。

Tsunogai and Wakita H (1995) *Science* 269:61-63.

※4 2004年にルーマニアで発生したM6.0の地震の前に地下水のNa/K比の低下と溶存炭素濃度の上昇を報告した論文。

Mitrofan et al. (2008) Terra Nova 20:87-94.

論文情報

タイトル: Geofluid behavior prior to the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake: insights from groundwater geochemistry

著者: ザンドバキリ ザハラ、西尾嘉朗、佐野有司 (高知大学 海洋コア国際研究所)

URL: <http://dx.doi.org/10.1186/s40645-024-00635-w>

お問い合わせ先

国立大学法人高知大学

(本研究について)

総合科学系複合領域科学部門 准教授 西尾嘉朗

電話: 088-864-6746 ; E-mail: yoshiro@kochi-u.ac.jp

(報道・取材について)

広報・校友課

電話: 088-844-8643 ; E-mail: kh13@kochi-u.ac.jp

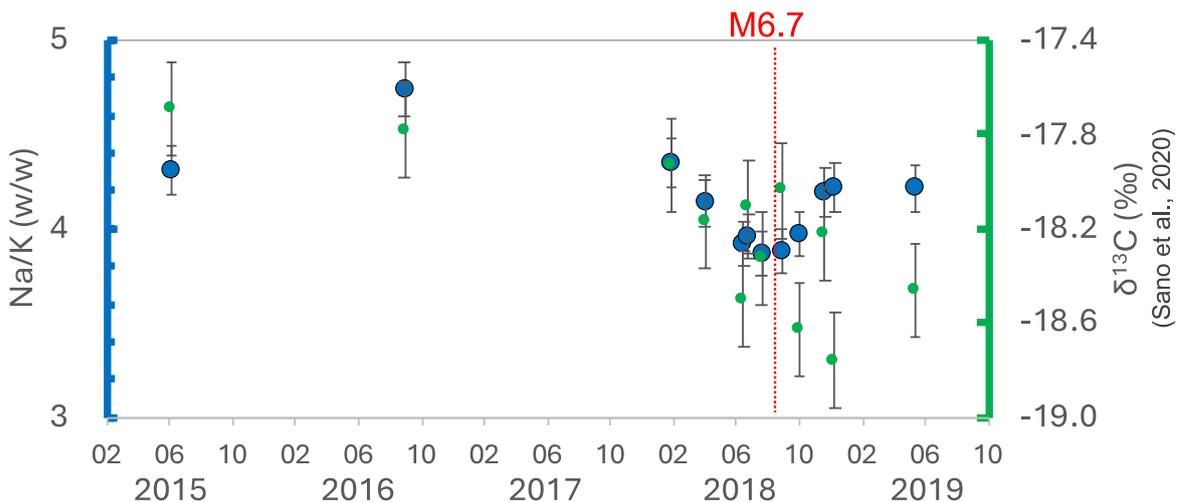


図1 2018年北海道胆振東部地震の前に植苗サイトで観測された地下水のNa/K比が低下する様子(青点)。Sanoら(2020)が報告された炭素同位体比(緑点)と今回発見されたNa/K比の低下の変化は同調していることが明らかとなった。

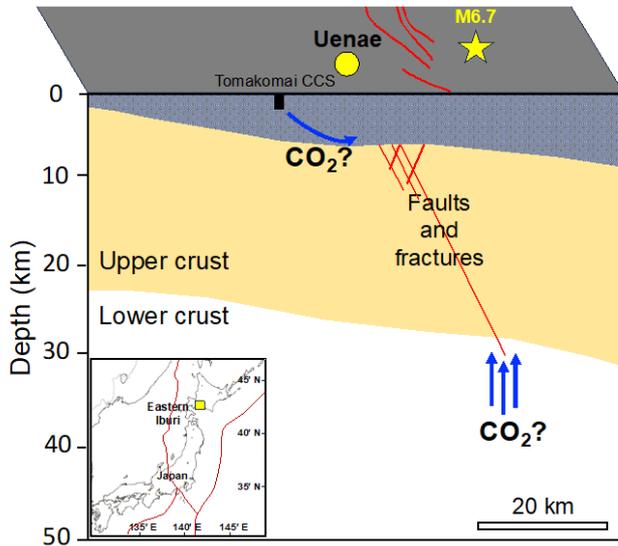


図2 2018年北海道胆振東部地震震源付近の植苗の地下における流体移動モデル。Sanoら（2020）は炭素同位体比の特徴から植苗から約15km離れた苫小牧市での二酸化炭素回収・貯留(CCS)の大規模実証実験由来である可能性を指摘している。一方、地下深部の天然由来である可能性も残る。